

2007181

# 汽车电力线载波传输特性研究

潘 忠, 陈石东, 陈文芾

(厦门大学机电工程系, 厦门 361005)

[摘要] 利用载波通信技术可通过汽车电力线实现汽车 ECU 之间数据传输。通过在 XM L6796E IG 金龙大客车上进行实验, 在 0~10MHz 频段用矢量网络分析仪研究客车在静止和运行情况下载波通信信道的传输特性。实验表明, 汽车电力线载波信道具有时变性, 但在频率高于 5MHz 时, 时变性不明显。

关键词: 载波通信; 网络分析仪; 传输特性

## A Study on the Carrier Transmission Characteristics of the Power Lines in Vehicle

Pan Zhong, Chen Shidong &amp; Chen Wenxiang

Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005

[Abstract] By utilizing carrier communication technique, the data transmission between various electronic control units (ECUs) can be realized through the power lines in vehicle. An experiment is performed on a King Long bus with a vector network analyzer to study the transmission characteristics of the carrier communication channel at a frequency range of 0 to 10MHz under both stand still and operation conditions of vehicle. The results show that the transmission characteristics of the carrier communication channel vary with time when the frequency is lower than 5MHz.

Keywords: Carrier communication; Network analyzer; Transmission characteristics

### 前言

汽车电子技术的快速发展导致在汽车上大量装备电子设备, 车身布线越来越多、越来越复杂。为了实现车身各 ECU 协同动作与综合控制, 要求大量的数据在各 ECU 之间高速传输, 以实现共享。传统汽车线束采用的点对点的通信方式已经不能满足现代汽车电气系统的要求, 总线传输方式成为汽车电气技术发展的必然方向, 目前常见的汽车总线有 CAN 总线与 LIN 总线<sup>[1]</sup>。然而, 对于不需要传送高速数据的场合, 如汽车车窗系统、照明系统等, 完全可以采用一些简单的数据传送方式。文献 [2] 提出了一种利用汽车电力线实现载波通信的数据传送技术。为了进一步研究汽车电力线载波通信的特点, 作者在 0~10MHz 频段利用矢量网络分析仪在汽车电气实验台与大型客车上对汽车电力线载波通信信道特

性进行了分析, 得到了大型客车在静止和运行情况下载波通信信道传输特性的变化情况。

### 1 汽车电力线载波系统的特点

与低压电网载波通信系统相比<sup>[3~4]</sup>, 汽车电力线载波系统线束短, 一般不会超过 40m。实验中使用的 XM L6796E IG 大客车车长 16m, 线束最长约 40m, 导线的长度远远小于电磁波波长  $\lambda$  的 1/8 的范围。在这种情况下不会出现长导线传输中出现的反射、折射现象, 可把汽车电源载波系统看成“短线载波系统”, 不会出现色散问题。

和低压电网载波通信系统一样, 汽车电力线载波系统的负载也是复杂和时变的。各种类型的电器有时接通, 有时断开, 使得导线的阻抗特性具有很大的波动性, 系统的传递函数随负载的变化随时发生改变, 是一个时变系统。图 1 所示的电网载波通信

信道负载效应等效示意图表示了负载对传递函数造成的影响。

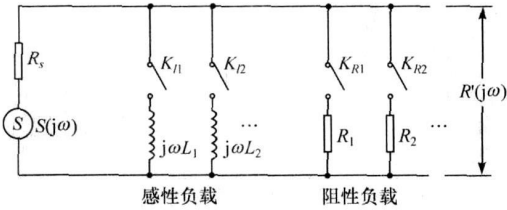


图 1 载波通信信道负载效应等效示意图

图 1 中  $j\omega L_1$  表示第 1 个感性负载(比如电机性负载),  $j\omega L_2$  表示第 2 个感性负载;  $R_1$  表示第 1 个阻性负载(比如灯类负载),  $R_2$  表示第 2 个阻性负载(比如灯类负载), 依此类推。对于一个供电网络, 用电负载的开关是随机的, 也就是说, 系统传递函数的取值随时间而变化, 根据图 1 可以写出信道传递函数  $H(j\omega t)$  为

$$H(j\omega t) = \frac{1}{R_s + \frac{\sum_{m=1}^M j\omega L_m K_{Lm}(t) + \sum_{n=1}^N R_n K_{Rn}(t)}{1}}$$

式中  $M$  为感性负载个数;  $N$  为阻性负载个数;  $K_{Lm}$ 、 $K_{Rn}$  为开关系数, 当对应的负载接通, 开关系数取值 1, 对应的负载关断, 开关系数取值 0。其通信信道对应的频域框图如图 2。

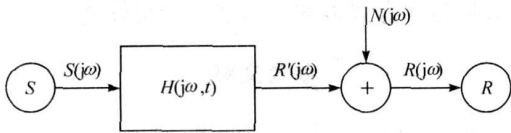


图 2 时变频域通信信道框图

以图 2 时变通信信道模型表述汽车电力线载波系统。确定通信信道模型参数常用方法有解析法和实验法。早期建模都采用前者, 通过离散参数矩阵或四级阻抗和导纳矩阵来描述网络传输特性, 如通过图 1 得到上述解析式的方法。这种方法需要对系统的构成有详细的了解, 所有参数必须确定。

而对于一个汽车系统而言, 全部精确地描述车载网络的参数实际上是不可能的。实验法把系统看成一黑箱, 不需要精确知道箱内结构, 只要通过实验得到描述这个黑箱信号传递特性的传递函数就能表述这个系统, 实际使用起来比解析法容易得多。

2 实验环境与实验方法

实验在 XM L6796E 1G 大客车实验车上进行, 实验中分别对两个选定的测试点馈入和引出测试信号, 接线图如图 3。

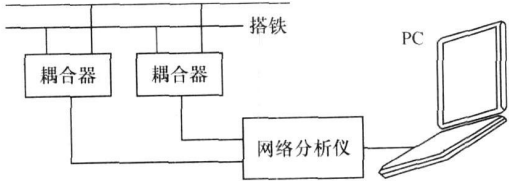


图 3 汽车电力线载波系统特性实验接线图

使用 Aglient 公司生产的 8712ES 矢量网络分析仪, 测量连接如图 4 所示。合成扫描发生器产生扫描信号, 该合成扫描信号在信号分离器内被一分为二, 一路作为参考信号, 另一路通过程控衰减器送往待测网络的输入端口作为激励源 R。激励信号一部分被待测网络反射回来, 形成反射信号 A。一部分则通过待测网络, 形成传输信号 B。激励信号、反射信号、传输信号都被送往信号接收部分接收, 所接收到的 3 个信号经过预处理后送往信号处理部分, 在那里自动算出网络测量的各种参数。

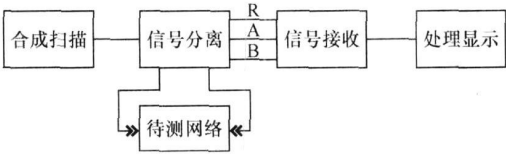


图 4 网络分析仪结构框图

3 频率响应测试结果

由于汽车在运行时电力线载波系统中的各个负载不断地打开和关断, 造成系统阻抗随时间变化, 无法确定系统的频率响应结果。为了解决这个表述上的困难, 用静态频率响应和动态频率响应来分别描述汽车在静止和开动时系统表现出来的频率特性。

3.1 静态频率响应特性

选择汽车停止的状态, 在实验车上选 2 个不同的测试点馈入和引出测试信号。实验分 2 个阶段。

(1) 研究汽车在静止情况下短期内幅频响应和幅频响应随时间变化的情况, 为此进行 3 次测量, 每次的时间间隔为 30min 测试结果见图 5。

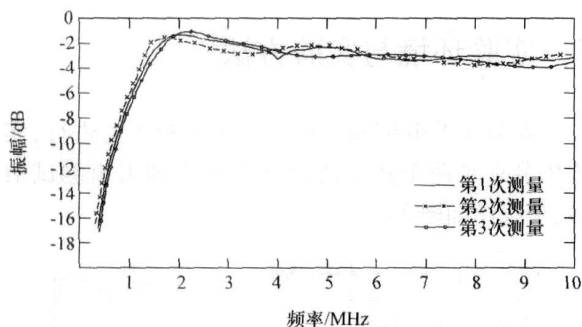


图5 汽车静止时测量的幅频响应曲线

从图中可以看到短时间内静止条件下,电力线载波系统的幅频特性变化不大,基本上可以认为不随时间变化。曲线显示出明显的高通特性,下截止频率在 1.3MHz 频点上。

(2) 研究汽车开动后再次停止时幅频响应特性变化的情况。汽车运行一天,然后等汽车停车 24h 以后进行测量,同样再重复测量 2 次,测量的目的是要观察系统每次运行后系统参数有无发生变化,共进行 3 次测量,测试结果如图 6

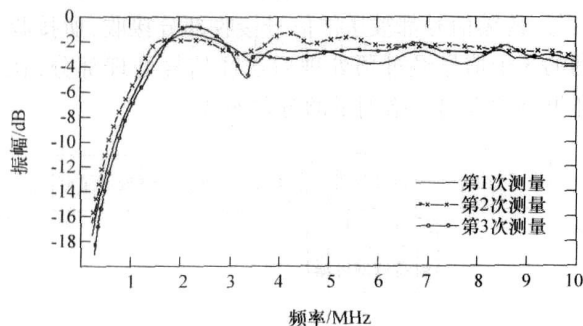


图6 汽车启动后静止 24h 测量的幅频响应曲线

图 6 表明,当汽车经过运行后,系统参数发生了变化,由此导致幅频响应曲线有比较明显的变化,这个结果证实了上面分析的系统传递函数具有时变性的正确性。

### 3.2 动态幅频响应特性

汽车在运行过程中,电力线载波系统中的各个负载不断地打开、关断,造成系统阻抗随时间变化,必然导致运行过程中系统传递函数的随机变化,图 7 是汽车运行过程中随机测量 3 次得到的结果。

从图中可以看出,3 次测量的结果有很大的差异,这表明汽车运行中,各种搭载的电器负载在随机接通、关断时,系统参数出现较大的变化,明显地改变了系统等效阻抗,导致系统传递函数跟随电器负

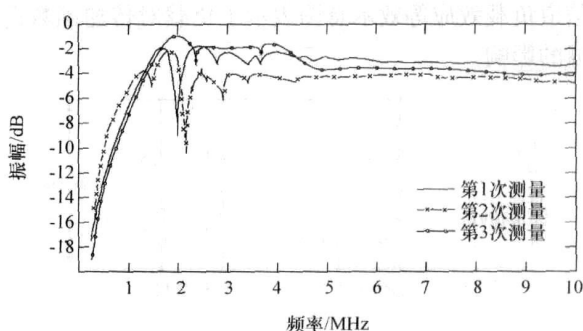


图7 汽车运行中随机测量的系统幅频响应曲线

载接通、关断而随机发生变化。这个结果再次证实系统传递函数具有时变性的正确性。图中还可以看出,幅频响应曲线在 4MHz 以前波动很大,最大的衰减值可达 -12dB,显然已经大大低于 -3dB 的半功率频点限制。而在频率大于 4MHz 以后,响应曲线基本保持平稳,不同曲线之间的衰减值不会大于 3dB,是比较合适的工作频段。

## 4 结论

汽车电力线载波通信信道不存在通常低压电力线载波通信信道都会遇到的多孔径传输的问题;汽车电力线载波通信信道具有时变性,在频域内,该时变性只发生在 5MHz 以下的频率范围内,在高于 5MHz 的频率上,时变性不明显;从实验车的运行情况来看,在高于 5MHz 的频率上,利用电力线载波通信的数据传送方式能够对车辆进行很好的控制。

## 参考文献

- [1] 郭宽明. CAN 总线原理及其应用 [M]. 北京: 航空航天大学出版社, 1999.
- [2] 彭东林, 等. 有线载波技术在汽车数据传输中的应用研究 [J]. 汽车工程, 2004, 26(4).
- [3] 卢志忠, 等. 低压电力线载波通信信道传输特性分析 [J]. 黑龙江电力, 2002(6).
- [4] 张润曦. 基于低压电力线载波的电参数测量 [J]. 苏州市职业大学学报, 2005, 16(2).
- [5] 胡广书. 数字信号处理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [6] Hooijen O G. A Channel Model for the Residential Power Circuit Used as a Digital Communications Medium [J]. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility 1998, 40.
- [7] Patrick A. Newbury J. Gargan S. Two-way Communications Systems in the Electricity Supply Industry [J]. IEEE Trans on Power Delivery 1998, 13.
- [8] 曹志刚, 等. 现代通信原理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.